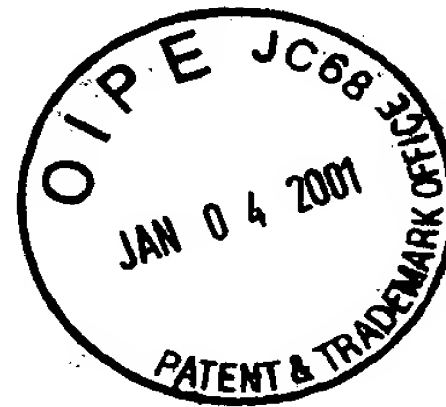


PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

This is to certify that the annexed is a true copy  
of the following application as filed with this office.



Date of Application: May 26, 1999

Application Number: Japanese Patent Application  
No. 11-186258

Applicant(s): TADAHIRO OHMI

October 13, 2000

Commissioner,  
Patent Office

Kouzo Oikawa (Seal)

Certificate No.2000-3084962

# 日本国特許庁

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日  
Date of Application:

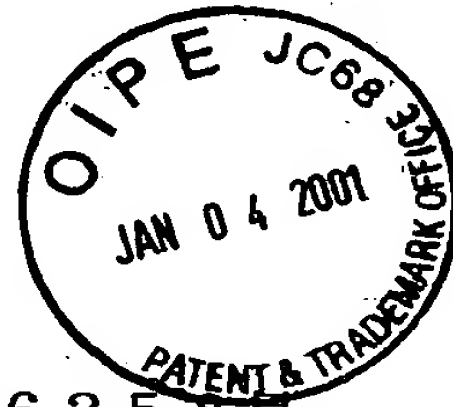
1999年 5月26日

出願番号  
Application Number:

平成11年特許願第186258号

出願人  
Applicant(s):

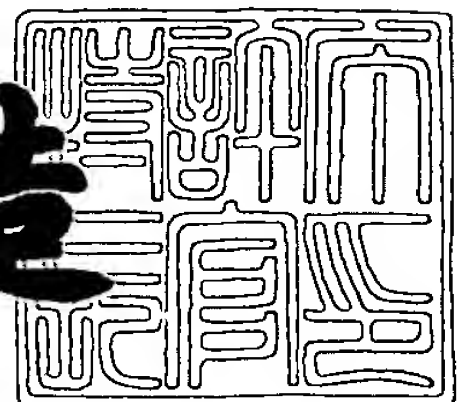
大見 忠弘



2000年10月13日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2000-3084962

【書類名】 特許願

【整理番号】 OHMI004

【提出日】 平成11年 5月26日

【あて先】 特許庁長官 殿

【発明の名称】 プラズマプロセス用装置

【請求項の数】 7

【発明者】

    【住所又は居所】 宮城県仙台市青葉区米ヶ袋 2 の 1 の 1 7 の 3 0 1

    【氏名】 大見 忠弘

【発明者】

    【住所又は居所】 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 0 5 東北大学大学院工学  
研究科電子工学専攻内

    【氏名】 平山 昌樹

【特許出願人】

    【識別番号】 000205041

    【氏名又は名称】 大見 忠弘

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

    【物件名】 要約書 1

【書類名】 明細書

【発明の名称】 プラズマプロセス用装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

内部が減圧可能な容器と、該容器内でプラズマを励起させるために必要な原料ガスを供給するガス供給システムと、該容器内に供給された原料ガスを排気するとともに該容器内を減圧するための排気システムとを有し、該容器を構成する壁部の一部はマイクロ波を略々損失なく透過できる材料からなる第 1 の誘電体板であり、該第 1 の誘電体板以外の前記容器の壁部の少なくとも一部は金属であり、該第 1 の誘電体板を挟んで該容器の外側には該第 1 の誘電体板を通して該容器内にマイクロ波を導入するためのマイクロ波放射手段と、該容器の内側には非処理基体を保持する電極とを設け、該非処理基体に対して処理を行うプラズマプロセス用装置において、

該第 1 の誘電体板と該非処理基体との間の空間には、該非処理基体側にプラズマプロセスに必要なガスを放出する第 1 のガス放出手段を設け、該第 1 の誘電体板と該第 1 のガス放出手段に挟まれた空間に、該第 1 のガスの放出手段から放出されるガスとは異なるガスを放出する第 2 のガス放出手段を有し、該第 1 のガス放出手段は、該第 2 のガス放出手段から放出されたガスの少なくとも一部が該処理基体まで届くように構成されていることを特徴とするプラズマプロセス用装置。

【請求項 2】

該第 1 のガス放出手段の少なくとも一部は金属管で構成され、該金属管の該非処理基体に面した面には複数のガス放出口を備え、該金属管は接地されていることを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマプロセス用装置。

【請求項 3】

前記マイクロ波放射手段は、スロットアンテナであることを特徴とする請求項 1、2 に記載のプラズマプロセス用装置。

【請求項 4】

前記マイクロ波放射手段は、壁の一部が前記第 1 の誘電体板で構成された単一

モードの導波管であることを特徴とする請求項 1、2 に記載のプラズマプロセス用装置。

【請求項 5】

前記第 2 のガス放出手段は、前記第 1 の誘電体と前記第 1 のガス放出手段との間に設けられた第 2 の誘電体板であり、該第 2 の誘電体板は所望のガスを放出する複数のガス放出口を有し、マイクロ波を略々損失なく透過できる材料からなることを特徴とする請求項 1、2、3、4 に記載のプラズマプロセス用装置。

【請求項 6】

前記第 2 のガス放出手段から放出されるガスの少なくとも一部は、前記第 2 の誘電体板と前記容器を構成する金属との間の空間を通過した後に、前記第 2 の誘電体板に形成されたガス放出口から放出されるように構成されたことを特徴とする請求項 5 に記載のプラズマプロセス用装置。

【請求項 7】

前記第 1 のガス放出手段を構成する金属管はアルミニウムを含んだステンレスであり、表面には酸化アルミニウムを主体とする不働態膜が形成されていることを特徴とする請求項 2 に記載のプラズマプロセス用装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】

本発明は、プラズマプロセス用装置に係わり、特に高性能プラズマプロセスが可能でメンテナンス周期が長いプラズマプロセス用装置に関する。

【0002】

【従来技術】

近年、半導体や液晶ディスプレイの高性能化に対する要求を満たすためにこれらの製造にはプラズマプロセスが欠かせないものとなっている。プラズマの励起方式は様々であるが、半導体や液晶ディスプレイの製造には、主に平行平板型高周波励起プラズマ装置と誘導結合プラズマ装置が用いられている。これらのプラズマ装置は、デバイスに与えるダメージが大きいなどいくつかの本質的な問題点を内在しているため、半導体や液晶ディスプレイの高性能化に対する要求を満た

せなくなっている。

【 0 0 0 3 】

最近注目されているのが、直流磁場を用いずにマイクロ波電界により高密度プラズマを励起するマイクロ波プラズマ装置である。この種のマイクロ波プラズマ装置としてはマイクロ波を発生するように配列された多数のスリットを有する平面上のアンテナ（スロットアンテナ）から真空容器内にマイクロ波を放射し、このマイクロ波電界によりガスを解離してプラズマを発生させる装置（特開平 9 - 6 3 7 9 3）や、マイクロ波を放射するスロットアンテナを真空容器外に設置し、スロットアンテナから放射されたマイクロ波が誘電体板や誘電体で形成されたシャワープレートを通して真空容器内部に導入してプラズマを発生させる装置（特願平 9 - 1 5 7 9 0）などが知られている。このような手法で励起されたマイクロ波プラズマは、プラズマ密度が高く、電子温度が低いため、高速でダメージを伴わない優れたプロセスが行える。さらに大面積基板上にも均一なプラズマを励起できるため、半導体や液晶ディスプレイの大型化にも対応しやすい。

【 0 0 0 4 】

しかしながら、これらの従来のマイクロ波プラズマ装置では、プロセス用ガスがプラズマにより解離、結合して生成された物質が、マイクロ波の通り道であるアンテナ表面や誘電体表面に付着する問題がある。抵抗率の高い膜が付着するとマイクロ波を吸収し、抵抗率の低い膜が付着するとマイクロ波を反射してしまうことから、どちらにしても膜の付着によりプラズマ励起電力が低下してプロセスの安定性が損なわれる。またはプラズマが励起できなくなる。これらの問題を回避するには、付着膜を取り除くためのチャンバクリーニングやメンテナンスを頻繁に行う必要があり、生産性が著しく低下してしまう。

【 0 0 0 5 】

半導体や液晶ディスプレイの製造で欠かせない反応性イオンエッチングでは、プラズマ中のイオンをプラズマシース中の電界により数 1 0 0 e V まで加速して基板表面に衝突させる。このため、基板に数 1 0 0 K H z から数 1 0 M H z までの高周波を印加することにより、プラズマと基板間に形成されるプラズマシースに高周波電圧をかけて、数 1 0 0 V の直流電圧を発生させる。しかし、基板に高

周波を印加すると、同時にプラズマとチャンバ壁などの接地面との間にも高周波電圧がかかり、この部分に直流電圧が発生してしまう。プラズマと基板間およびプラズマと接地面間にかかる直流電圧の比は、プラズマと基板間およびプラズマと接地間のインピーダンスの比で決まる。すなわち、基板とプラズマが接する接地面の面積に依存しており、チャンバの面積が基板の面積と比較して大きいほどプラズマと基板間にかかる直流電圧は大きくなる。

## 【 0 0 0 6 】

従来のマイクロ波プラズマ装置では、マイクロ波の導入部分に誘電体を用いられているため、プラズマが接する接地面の面積が小さい。このため、基板に高周波を印加するとプラズマと接地面間に大きな直流電圧が発生し、この直流電圧でプラズマ中のイオンが加速されて接地面に衝突して接地面がスパッタされ、不純物汚染の原因になる。また、エッチングに必要なプラズマと基板間に発生する直流電圧を得るのにより大きな高周波電力が必要になり、電力効率が悪い。これらの理由により、従来のマイクロ波プラズマ装置をエッチングなど基板表面に高いイオンエネルギーを入射させなければならないプロセスに用いることは困難であった。

## 【 0 0 0 7 】

金属薄膜や強誘電体薄膜など、金属を含む材料を化学気相反応法で成膜する場合、金属と有機物の化合物である有機金属ガスが用いられる。このとき、プラズマにより金属と有機物間の結合のみを選択的に切れれば不純物汚染のない良好な特性の薄膜を形成できるが、プラズマにより有機物分子まで分解されると膜中に不純物である炭素原子が混入して薄膜の特性が著しく劣化してしまう。同様に、エッチングプロセスでは、プロセス用ガスの解離が進行すると被エッチング膜とレジストマスクや下地材料との選択性が悪化すると同時に、アスペクト比の大きな微細パターンのエッチングが困難になる。従来のマイクロ波プラズマプロセス装置では、真空容器に導入されたプロセス用ガスの解離が進行しすぎるため、金属を含む薄膜の成膜や微細パターンのエッチングでは良好なプロセスが行えなかった。

## 【 0 0 0 8 】



マイクロ波プラズマでは、ある程度（カットオフ密度より）電子密度が高くなると、プラズマ表面に入射したマイクロ波はプラズマ中を伝搬できなくなりプラズマ表面付近で反射されるようになる。このような状態では、マイクロ波導入部のプラズマ表面付近で安定したプラズマ励起が行われる。一方、電子密度がカットオフ密度より低いとチャンバ内にマイクロ波が拡散するためプラズマの安定性が損なわれる。このような不安定なプラズマは、半導体や液晶ディスプレイの製造プロセスに用いることはできない。マイクロ波プラズマでは、アルゴン、クリプトンおよびキセノンなどの希ガスでは電子密度が高く安定したプラズマが得られやすいが、希ガス以外のガスを添加すると電子密度が低下してプラズマの安定性が損なわれる傾向がある。従来のマイクロ波プラズマ装置では、プラズマの安定性を維持するために希ガス以外のガスを少量しか添加することができないため、プロセスの自由度が低く、また高速のプロセスに対応できないという問題があった。

## 【 0 0 0 9 】

## 【発明が解決しようとする課題】

本発明は、マイクロ導入部の誘電体表面にプロセスガスの解離、結合による膜が付着することがないため、いかなるプロセス用ガスを用いてもプラズマの安定性が高くチャンバクリーニングやメンテナンスの周期が長く、基板表面に高いイオンエネルギーを入射させなければならないプロセスにも対応可能で、プロセス用ガスの解離を適度に抑制するため優れた成膜やエッチングプロセスが可能なプラズマプロセス用装置を提供することを目的とする。

## 【 0 0 1 0 】

## 【課題を解決するための手段】

本発明では上記課題を達成するため、従来のマイクロ波を用いたプラズマプロセス用装置のプラズマ拡散部（誘電体板と基板との間）に新たなプロセス用ガス放出器を設け、希ガスを主体とするプラズマ励起用ガスと、プロセス用ガスを異なる位置から放出できるようにした。さらに、プロセス用ガス放出器を接地しておくことにより、従来のマイクロ波プラズマプロセス用装置では対応できなかった基板表面に高いイオンエネルギーを入射させなければならないプロセスにも対応



可能となる。

### 【0 0 1 1】

#### 【作用】

本発明のプラズマプロセス用装置では、従来のマイクロ波プラズマ装置（特願平 9 - 1 5 7 9 0）の誘電体板と基板との間に金属管で構成された新たなガス放出手段を設け、これよりガス分子の解離を抑制することが望ましく、堆積性のプロセス用ガスを基板に向かって放出している。また、プロセス用ガスが誘電体板の方へ拡散しないよう、解離しても支障がない希ガスなどのプラズマ励起用ガスをマイクロ波導入部の誘電体板付近に放出する。このため、誘電体板表面に膜が付着する問題を回避できる。マイクロ波プラズマは、マイクロ波導入部の誘電体板付近で他の部分より電子温度が高くなる特徴をもつ。

本発明のプラズマプロセス用装置では、この電子温度が高い部分にプロセス用ガスが存在しないため、プロセス用ガスの解離が適度に抑制される。また、プロセス用ガスを多量に導入してもマイクロ波導入部の誘電体板付近には希ガスしか存在しない状態を形成できるため、プラズマの安定性が維持される。

従って、プロセスの自由度が高く、高速のプロセスにも対応できる。さらに、接地された金属管がプラズマ中に導入されることにより、プラズマが接する接地面の面積が大幅に増加し、基板表面に高いイオンエネルギーを入射させなければならないプロセスにも対応可能になる。

### 【0 0 1 2】

#### 【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明のプラズマプロセス用装置を説明するが、本発明はこれらの実施例に限定されるものでないことはいうまでもない。

### 【0 0 1 3】

#### （実施例 1）

図 1 は、本発明のプラズマプロセス用装置の第 1 の実施例を示す側部断面図である。1 0 1 は真空容器、1 0 2 は誘電体隔壁、1 0 3 は誘電体シャワープレート、1 0 4 はギャップ、1 0 5 はプラズマ励起用ガス供給口、1 0 6 はプラズマ励起用ガス導入路、1 0 7 はプラズマ励起用ガス放出口、1 0 8、1 0 9 はオリ

ング、1 1 0 はラジアルラインスロットアンテナ、1 1 1 はプロセス用ガス放出器、1 1 2 はプロセス用ガス供給口、1 1 3 はプロセス用ガス放出口、1 1 4 は基板、1 1 5 はステージ、1 1 6 は排気口である。

## 【0 0 1 4】

大気中に設置されたラジアルラインスロットアンテナ 1 1 0 から放射されたマイクロ波は、誘電体隔壁 1 0 2、ギャップ 1 0 4 および誘電体シャワープレート 1 0 3 を通過して真空容器 1 0 1 内部に導入され、容器内のガスを電離してプラズマを生成する。

## 【0 0 1 5】

本装置は、プラズマ励起用ガスとプロセス用ガスをそれぞれ別の部分から放出することができる構造になっている。プラズマ励起用ガスは、プラズマ励起用ガス供給口 1 0 5 から供給され、プラズマ励起用ガス導入路 1 0 6 を通り誘電体シャワープレート 1 0 3 の中央部まで導かれる。その後、ギャップ 1 0 4 を通り複数のプラズマ励起用ガス放出口 1 0 7 から真空容器内部に放出される。プロセス用ガスは、プロセス用ガス供給口 1 1 2 から供給され、金属管で構成されたプロセス用ガス放出器 1 1 1 の内部を通り、複数のプロセス用ガス放出口 1 1 3 から放出される。

## 【0 0 1 6】

図 2 は、プロセス用ガス放出器 1 1 1 を基板 1 1 4 側から見た図である。2 0 1 は本管、2 0 2 は枝管、2 0 3 はプロセス用ガス放出口、2 0 4 は放出器ガス供給口、2 0 5 は基板である。本実施例では、ガスを基板上に均一に放出するため、放出器ガス供給口を 2 つ設けてある。本管 2 0 1、枝管 2 0 2 は、それぞれ外径 3 / 8 インチ、1 / 4 インチの金属管であり、接続部は溶接してある。枝管 2 0 2 には、プロセス用ガスを基板面に斜めに、基板全面に渡ってほぼ均一に入射するような位置に多数のガス放出口が形成されている。ガス放出口の直径は 0. 3 mm である。なお本実施例では、プロセスの均一性を向上させるためにプロセス用ガスを基板面に斜めに入射させるようにしたが、基板面に垂直に入射させるようにしてもかまわない。

## 【0 0 1 7】

本実施例では、腐食性ガス雰囲気でも使用できるよう、配管の材料として従来の SUS 3 1 6 L 材よりもアルミニウム成分を増量させた（4. 1 6 %）高濃度アルミニウム含有ステンレスを用い、この配管を弱酸化性雰囲気で高温（9 0 0 °C）の処理を行い配管表面に熱力学的に非常に安定な酸化アルミニウム不働態膜を形成した。酸化アルミニウム不働態膜を形成すると、腐食性の高い塩素ガスやフッ素ガスに対しても優れた耐食性を示すことが確認されている。

#### 【0 0 1 8】

図 1 のプラズマプロセス用装置を用いて、シリコン酸化膜で覆われた直径 2 0 0 m m のシリコン基板上に化学気層反応法（C V D 法）によりタンタル薄膜を形成する実験を行った。図 3 は、誘電体シャワープレート 1 0 3 表面の付着物が完全に取り除かれた状態でタンタルの成膜を開始し、成膜時間とともにプラズマ中の電子密度がどのように変化するかを示したものである。曲線 3 0 1 は、従来のマイクロ波プラズマ装置の構成、すなわち、プラズマ励起用ガスとプロセス用ガスを混ぜて双方ともプラズマ励起用ガス放出口 1 0 7 から放出した場合であり、曲線 3 0 2 は、本発明のマイクロ波プラズマ装置の構成、すなわち、プラズマ励起用ガスとプロセス用ガスを分けて放出した場合の結果である。

#### 【0 0 1 9】

電子密度の測定は、ウェハの中心軸上でウェハから 1 5 m m 離れた地点で行った。プロセス用ガスとしては、液体である  $Ta(O-C_2H_5)_5$  をアルゴンキャリアガスによりバブリングしたガスを用いた。プラズマ励起用ガスとしてはアルゴンを用いた。プロセス用ガスとプラズマ励起用ガスの流量は、それぞれ 1 5 0 s c c m、5 0 0 s c c m、真空容器内の圧力は 0. 6 T o r r である。プラズマ励起用のマイクロ波の周波数は、2. 4 5 G H z、電力は 1. 1 k W である。

#### 【0 0 2 0】

従来の構成では、成膜時間が 3 分を過ぎると次第に電子密度が低下しプラズマが不安定になり、1 1 分でプラズマが消えてしまった。これは、シャワープレート表面にタンタル薄膜が付着し、マイクロ波を反射、吸収することが原因である。実際、実験後にシャワープレート表面には平均して 4. 3 ミクロンの厚さのタ

ンタル薄膜が付着していた。一方、本発明の構成では、20分の成膜を行っても電子密度は全く変化せず、シャワープレート表面へのタンタル薄膜の付着も確認されなかった。成膜開始直後に従来の構成よりも電子密度が低いのは、プロセス用ガス放出器111の存在により、プラズマのウェハ周辺への拡散が若干遮られるためである。

#### 【0021】

次に、シリコン酸化膜上に形成されたタンタル薄膜の特性を評価した。2次イオン質量分析装置でタンタル薄膜中の炭素含有量を測定したところ、従来の構成では10.5%であったのに対し、本発明の構成では0.3%であった。さらにタンタル薄膜の電気抵抗率を測定したところ、従来の構成では炭素の含有量が多いため $225 \times 10^{-6} \Omega \text{cm}$ と高いが、本発明の構成ではその値よりも $21 \times 10^{-6} \Omega \text{cm}$ と一桁近く低く、ほぼ理想的な電気特性が得られていることが分かった。

#### 【0022】

すなわち、タンタル薄膜の形成プロセスにおいては、従来の構成では成膜中にシャワープレート表面にタンタル薄膜が付着してしまうため、成膜後に塩素系ガスプラズマ等を用いたチャンバ内面のクリーニング処理を毎回施す必要があり不経済で生産性が低かったが、本発明の構成では、クリーニング処理がほとんど必要なくなり、生産性が大幅に向上した。さらに、不純物としてタンタル薄膜中に取り込まれる炭素の含有量が低下し、電気的特性が大幅に向上した。タンタル薄膜を有する半導体デバイス的大幅な特性向上が見込まれる。

#### 【0023】

次に、マイクロ波プラズマ装置のエッチングプロセスへの適合性について述べる。図4は、エッチングに必要な所望の基板表面へのイオン入射エネルギーを得るのに基板にどれだけ高周波電力を印加すればよいかを示したものである。曲線401は、従来のマイクロ波プラズマ装置の構成、すなわち、プロセス用ガス放出器111が存在しない場合であり、曲線402は、本発明のマイクロ波プラズマ装置の構成、すなわち、接地されたプロセス用ガス放出器が存在する場合である。プラズマ励起用ガスとして、アルゴンを用いた。

真空容器内の圧力は30mTorr、プラズマ励起用のマイクロ波の周波数は、2.45GHz、電力は1.1kWであり、基板へ印加した高周波の周波数は2MHzである。

【0024】

図より、同じ基板表面へのイオン入射エネルギーを得るのに、本発明の構成では従来の1/5程度の高周波電力を印加すれば十分であることがわかる。

すなわち、大幅な効率化と高周波電源や整合器の小型化、低コスト化が可能になる。

【0025】

図5は、エッチングに必要な所望の基板表面へのイオン入射エネルギーを得るのに必要な電力を基板に印加したときに、接地面へのイオン入射エネルギーがどうなるかを示したものである。曲線501は、従来のマイクロ波プラズマ装置の構成、すなわち、プロセス用ガス放出器111が存在しない場合であり、曲線502は、本発明のマイクロ波プラズマ装置の構成、すなわち、接地されたプロセス用ガス放出器が存在する場合である。条件は図4の場合と同じである。

【0026】

図より、従来の構成では、接地面へのイオン入射エネルギーは基板表面へのイオン入射エネルギーと同程度の非常に高い値であることがわかる。例えば、シリコン酸化膜のエッチングに400eV程度のイオン入射エネルギーが必要であるが、これには1600Wの高周波電力を基板に印加する必要があるが、接地面へのイオン入射エネルギーは370eVとなる。このような高い運動エネルギーを持ったイオンがチャンバ壁やシャワープレートなどの接地面に入射すると壁面がスパッタされて不純物汚染の原因になる。また、チャンバ壁やシャワープレートが消耗するため、これらの寿命が極端に短い。一方、本発明の構成では、プラズマが接する接地面の面積が基板の面積と比較して十分大きいいため、接地面へのイオン入射エネルギーは10から20eVと低い値におさえられており、接地面がスパッタされる問題が生じない。

【0027】

表1は、シリコン基板上のシリコン酸化膜のエッチングを行ったときの、レジ

ストとシリコン酸化膜のエッチング選択比、セルフアラインコンタクト形成時に不可欠なシリコン窒化膜とシリコン酸化膜のエッチング選択比、および0.25ミクロンのシリコン酸化膜コンタクトホールを形成した後にアルミニウム電極を形成して電極と下地のシリコンとのコンタクト抵抗を測定した結果が記載されている。

## 【0028】

表1 従来の装置と本発明の装置でエッチングを行った場合のエッチング特性の比較

	従来の装置を用いた場合	本発明の装置を用いた場合
レジストのシリコン酸化膜に対するエッチング選択比	4.8	10.9
シリコン窒化膜のシリコン酸化膜に対するエッチング選択比	18	38
コンタクト径0.25ミクロンのコンタクト抵抗	3.7Ω	0.48Ω

## 【0029】

プラズマ励起用ガスには、アルゴンを用いた。流量は320 s c c mである。また、プロセス用ガスには、 $C_4F_8/CO/O_2/Xe$ の混合ガスを用いた。流量は105 s c c mである。真空容器内の圧力は30 m T o r rである。プラズマ励起用のマイクロ波の周波数は、2.45 G H z、電力は1.1 k Wであり、基板へ印加した高周波の周波数は2 M H zである。基板へ印加した高周波の電力は、基板表面へのイオン入射エネルギーが400 e Vになるように設定した。

## 【0030】

次世代の超微細高性能半導体デバイスを実現するには、レジストとシリコン酸化膜の選択比は10以上、シリコン窒化膜とシリコン酸化膜の選択比は30以上必要である。従来の構成では、C F系のガスの分解が過度に進行して選択比を低下させる要因となるフッ素ラジカルやイオンが多量に形成されるため、レジストに対しても、シリコン窒化膜に対しても十分なエッチング選択比を得ることができない。またチャンバ壁など接地面がスパッタされてコンタクトホール底のシリ



コン表面付近に混入してダメージを与えるため、コンタクト抵抗が非常に高い。このままではデバイスには使えないため、シリコン表面付近のダメージ層を取り除く行程が必要になり、半導体製造コスト増大と生産性低下を招く。一方、本発明の構成では、プロセス用ガスが電子温度の高い部分に存在しないため、CF系のガスの分解が適度に抑制され、レジストに対してもシリコン窒化膜に対しても十分なエッチング選択比を得ることができる。また、不純物の汚染がないため、コンタクト抵抗も低く抑えられている。

### 【0031】

このように、本発明の装置を用いれば、高効率化、高周波電源や整合器の小型化による装置専有面積の縮小、装置の低コスト化、装置構成部品の長寿命化がはかれる。さらに、従来のエッチングプロセスを革新する高性能、高生産性プロセスが可能になる。

### 【0032】

#### (実施例2)

図6に、本発明のプラズマプロセス用装置の第2の実施例を示す。図6は、図1の111に相当するプロセス用ガス放出器を基板側から見た図であり、他の部分は図1の構成と同様である。601は本管、602は枝管、603（ハッチング部）はプロセス用ガス放出部、604は放出器ガス供給口、605は基板、606は被膜である。

### 【0033】

本実施例では、本管601は気孔率0.03%のアルミナセラミックスであり、枝管202は気孔率32%の多孔質アルミナセラミックスである。本管601と枝管202は、セラミックス系の接着剤で接合されている。多孔質アルミナセラミックスはガスを透過する性質があり、管内の圧力を管外よりも適度に陽圧にすることによりガス放出器として用いることができる。多孔質アルミナセラミックスをガス放出器に用いると、実施例1のようにガス放出穴を多数設けた場合と比較して、より均一にガスを放出することが可能になる。枝管202の表面のうちガス放出部以外は、ガスが放出されないように被膜606で覆われている。被膜606は、厚さ220 $\mu$ m、気孔率0.8%のアルミナセラミックスである。



## 【 0 0 3 4 】

アルミナセラミックスは腐食性ガスプラズマに対する耐久性に優れており、長寿命のガス放出器を構成できる。一方、電気伝導性がないため、プラズマが接する接地面を増大させる効果がなく、基板表面に高いエネルギーのイオンを入射させなければならない反応性イオンエッチング等のプロセスには適さない。このため、本実施例の装置は成膜プロセスや酸化、窒化プロセスに用いられる。

## 【 0 0 3 5 】

本実施例ではプロセス用ガス放出器をアルミナセラミックスで構成したが、熱伝導率が高い窒化アルミニウムセラミックスで構成してもよい。また、アルミニウムやステンレスなどの金属を多量に含有する導電性のあるアルミナセラミックスを用いてもよく、この場合には、プラズマが接する接地面を増大させる効果があるため、基板表面に高いエネルギーのイオンを入射させなければならないプロセスにも適用可能になる。

## 【 0 0 3 6 】

## (実施例 3)

図 7 に、本発明のプラズマプロセス用装置の第 3 の実施例を示す。図 7 は、図 1 の 1 1 1 に相当するプロセス用ガス放出器を基板側から見た図であり、他の部分は図 1 の構成と同様である。7 0 1 はガス導入路、7 0 2 はプロセス用ガス放出口、7 0 3 は放出器ガス供給口、7 0 4 は基板、7 0 5 はガス放出器本体、7 0 6 はガス放出器ふたである。

## 【 0 0 3 7 】

断面が矩形のガス導入路 7 0 1 が縦横に碁盤目状に形成されており、隣り合うガス導入路の間にはプラズマやガスを通過させるための穴が形成されている。ガス放出器本体 7 0 5 およびガス放出器ふた 7 0 6 は、マグネシウムを 3 % 含有するアルミニウムで構成されており、両者は電子ビーム溶接により接合されている。腐食性ガスに対する耐性を向上させるため、電子ビーム溶接後にフッ素ガス雰囲気中で熱処理を施すことにより表面にフッ化マグネシウムとフッ化アルミニウムの混合膜が形成されている。実施例 1 の場合と比較して、プロセス用ガス放出器の高周波電流が流れるパスの断面積が大きく抵抗率の小さな材料を用いている

ため、よりプラズマと接地間のインピーダンスを低下させる効果が高い。すなわち、より電力効率が高いプラズマ装置を構成できる。

## 【0038】

## (実施例4)

図8は、本発明のプラズマプロセス用装置の第4の実施例を示す側部断面図である。801は真空容器、802は誘電体隔壁、803は誘電体シャワープレート、804はギャップ、805はシャワープレート固定治具、806はプラズマ励起用ガス供給口、807はプラズマ励起用ガス放出口、808はマイクロ波導波路、809はプロセス用ガス放出器、810はプロセス用ガス供給口、811はプロセス用ガス放出口、812は基板、813はステージ、814は排気口である。

## 【0039】

本実施例では、真空容器801はアルミニウム、誘電体隔壁802は酸化アルミニウム、誘電体シャワープレート803は窒化アルミニウム、シャワープレート固定治具805はアルミニウム、プロセス用ガス放出器808には、実施例1と同様に高濃度アルミニウム含有ステンレスを酸化不働態処理したものが用いられている。基板812は液晶ディスプレイ用の角形ガラス基板であり、サイズは $550 \times 650 \text{ mm}^2$ である。

## 【0040】

マイクロ波導波路807は、紙面に垂直方向に伸びた単一モードの矩形導波管であり、下面は誘電体、他の部分は金属で囲まれている。マイクロ波は、単一のマイクロ波発生ユニットで発生され、装置の中央部付近にて導波管により2本のマイクロ波導波路807に分配して供給される。マイクロ波導波路807中を伝搬するマイクロ波の一部は、誘電体隔壁802から漏れ出し、誘電体シャワープレート803を介して真空容器内に導入され、プラズマを励起する。プラズマが励起されると、プラズマと誘電体シャワープレート803の境界付近に水平方向に伝搬する表面波が励起されるため、大面積で均一なプラズマが得られる。本実施例では2枚の誘電体シャワープレートが設置されているが、これらの表面を伝搬する表面波が互いに干渉しないように、これらの間は接地されたシャワープレ

ート固定治具 8 0 5 で電氣的に仕切られている。

#### 【 0 0 4 1 】

本実施例のプラズマプロセス用装置をバックゲート型の T F T ( T h i n F i l m T r a n s i s t o r ) 液晶ディスプレイの 1 部のプロセスに適用した。適用したプロセスは、プラズマ気層反応法による 1 : シリコン窒化膜形成、 2 : 多結晶シリコン膜形成、 3 :  $n^+$ シリコン膜形成、および 4 : シリコン膜エッチング、 5 : シリコン表面直接酸化である。表 2 には、これらの各プロセスに使用したガスと圧力が記載されている。

#### 【 0 0 4 2 】

表 2 各液晶ディスプレイ製造プロセスとそのプロセス条件

プロセス	プラズマ励起用ガス	プロセス用ガス	圧力
1: シリコン窒化膜形成	Ar (900sccm)	SiH <sub>4</sub> (50sccm) NH <sub>3</sub> (70sccm)	500mTorr
2: 多結晶シリコン膜形成	Ar (880sccm)	SiH <sub>4</sub> (60sccm) H <sub>2</sub> (60sccm)	500mTorr
3: $n^+$ シリコン膜形成	Ar (900sccm)	SiH <sub>4</sub> (60sccm) PH <sub>3</sub> (20sccm)	500mTorr
4: シリコン膜エッチング	Ar (820sccm)	SF <sub>6</sub> (250sccm) HCl (50sccm)	200mTorr
5: シリコン表面直接酸化	He (660sccm)	O <sub>2</sub> (90sccm)	500mTorr

#### 【 0 0 4 3 】

半導体でも液晶ディスプレイでも基板が大型化される傾向にあるため、 1 台の装置で多くのプロセスを連続して行い、極力基板を移動させないで製造を行うことが求められている。本実施例では、 1 から 3 までのプロセスは、装置から基板を取り出すことなくガスを切り替えることにより連続して行った。 4 と 5 のプロセスも同様である。本実施例のプラズマプロセス用装置は、ガスを切り替えることにより 1 台の装置で成膜、エッチング、酸化、窒化、アッシングなど様々なプロセスに使用できる特徴があり、このような連続プロセスにも柔軟に対応できる。

## 【0044】

表3には、現在液晶ディスプレイ製造に広く用いられている平行平板型のプラズマプロセス用装置（従来の装置）と本実施例の装置を用いて同じプロセスを行った場合の各プロセスの結果が記載されている。シリコン窒化膜はゲート絶縁膜や層間絶縁膜として用いられ、高耐圧でリーク電流が小さい膜を高速に成膜することが求められる。本実施例の装置を用いると、従来の装置と比較して成膜表面に照射するイオンエネルギーが $1/3$ 以下と低く（ $4 \sim 7 \text{ eV}$ ）、成膜中に膜にダメージを与えることがないため、従来の3倍近い耐圧を有する高品質シリコン窒化膜が形成されている。プラズマ密度が従来の平行平板型プラズマ装置より1桁程度高いため（ $> 2 \times 10^{12} \text{ cm}^{-3}$ ）、成膜速度が倍以上となり、生産性が飛躍的に向上する。

## 【0045】

シリコン膜は、液晶駆動用MOSデバイスの心臓部に用いられ、MOSトランジスタの電流駆動能力を向上させるため電子の移動度を高くすることが求められている。従来の装置ではアモルファス膜しか成膜できなかったため移動度が低かったが、本発明のマイクロ波装置を用いると $250^\circ\text{C}$ という基板温度で成膜後にレーザアニール等の処理を行わなくても高移動度多結晶シリコン膜が得られる。これは、他に類を見ない画期的な技術である。

## 【0046】

表 3 従来の装置と本発明の装置のプロセス性能の比較

プロセス	従来の装置を用いた場合	本発明の装置を用いた場合
1: シリコン窒化膜形成	耐圧：4.2MV/cm 成膜速度：120nm/min	耐圧：12.4MV/cm 成膜速度：310nm/min
2: シリコン膜形成	アモルファス(0.2cm <sup>2</sup> /V・sec) 成膜速度：78nm/min	多結晶 (18cm <sup>2</sup> /V・sec) 成膜速度：93nm/min
3: n <sup>+</sup> シリコン膜形成	抵抗率：2.3Ω cm 成膜速度：58nm/min	抵抗率：0.7Ω cm 成膜速度：85nm/min
4: シリコン膜エッチング	エッチング速度： 280nm/min	エッチング速度： 720nm/min
5: シリコン表面直接酸化	酸化膜厚：7nm (酸化時間 3 分)	酸化膜厚：28nm (酸化時間 3 分)

【0047】

n<sup>+</sup>シリコン膜は、液晶駆動用MOSデバイスのソース、ドレインコンタクト部に用いられ、やはりMOSトランジスタの電球駆動能力を向上させるために抵抗率が小さいことが求められる。本発明の装置を用いると、成膜表面に照射するイオンのエネルギーが小さいため膜にダメージを与えることがなく、キャリアの活性化率が向上してより抵抗率の小さな膜が得られる。

【0048】

表3の4：シリコン膜エッチング及び5：アモルファスシリコン直接酸化は、基板を装置外部に取り出すことなく同一チャンバで連続して行われる。バックゲート型TFETのソースとドレイン間のギャップをエッチングした後、下地のソース、ドレインコンタクト用n<sup>+</sup>シリコン（アモルファスまたはマイクロクリスタル）膜を酸化してSiO<sub>2</sub>に変えてソースとドレイン間を絶縁する行程である。エッチングは高速で行わなければならないが、本発明の装置を用いるとプラズマ密度が高いためエッチング反応が促進されて従来の倍以上のエッチング速度が得られている。

【0049】

ソースとドレイン間の絶縁をとるには、n<sup>+</sup>シリコン膜の内部まで完全に酸化する必要がある。ところが、n<sup>+</sup>シリコン膜の厚さは最低でも15nm以上必要

なため、従来の装置では 7 nm 程度の深さまでしか酸化が進まないため、膜全体を酸化することができなかった。本発明の装置では、酸化種である酸素ラジカルが多量に発生し基板表面へのイオン照射も多いため、28 nm の深さまで酸化が進行し、 $n^+$  シリコン膜全体を酸化してソース、ドレイン間を完全に絶縁することが可能である。

【0050】

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の半導体製造用マイクロ波プラズマプロセス装置の側部断面図。

【図 2】

図 1 の装置のうちステンレスで構成されたプロセス用ガス放出器を基板側から見た図。

【図 3】

タンタルの成膜を行った場合の電子密度の時間変化。

【図 4】

基板に印加する高周波電力の基板表面へのイオン入射エネルギー依存性。

【図 5】

接地面（チャンバ内面）へのイオン入射エネルギーの基板表面へのイオン入射エネルギー依存性。

【図 6】

多孔質セラミックスで構成されたプロセス用ガス放出器を基板側から見た図。

【図 7】

アルミニウムで構成されたプロセス用ガス放出器を基板側から見た図。

【図 8】

本発明の液晶ディスプレイ製造用マイクロ波プラズマプロセス装置の側部断面図。

【0051】

【符号の説明】

101 真空容器

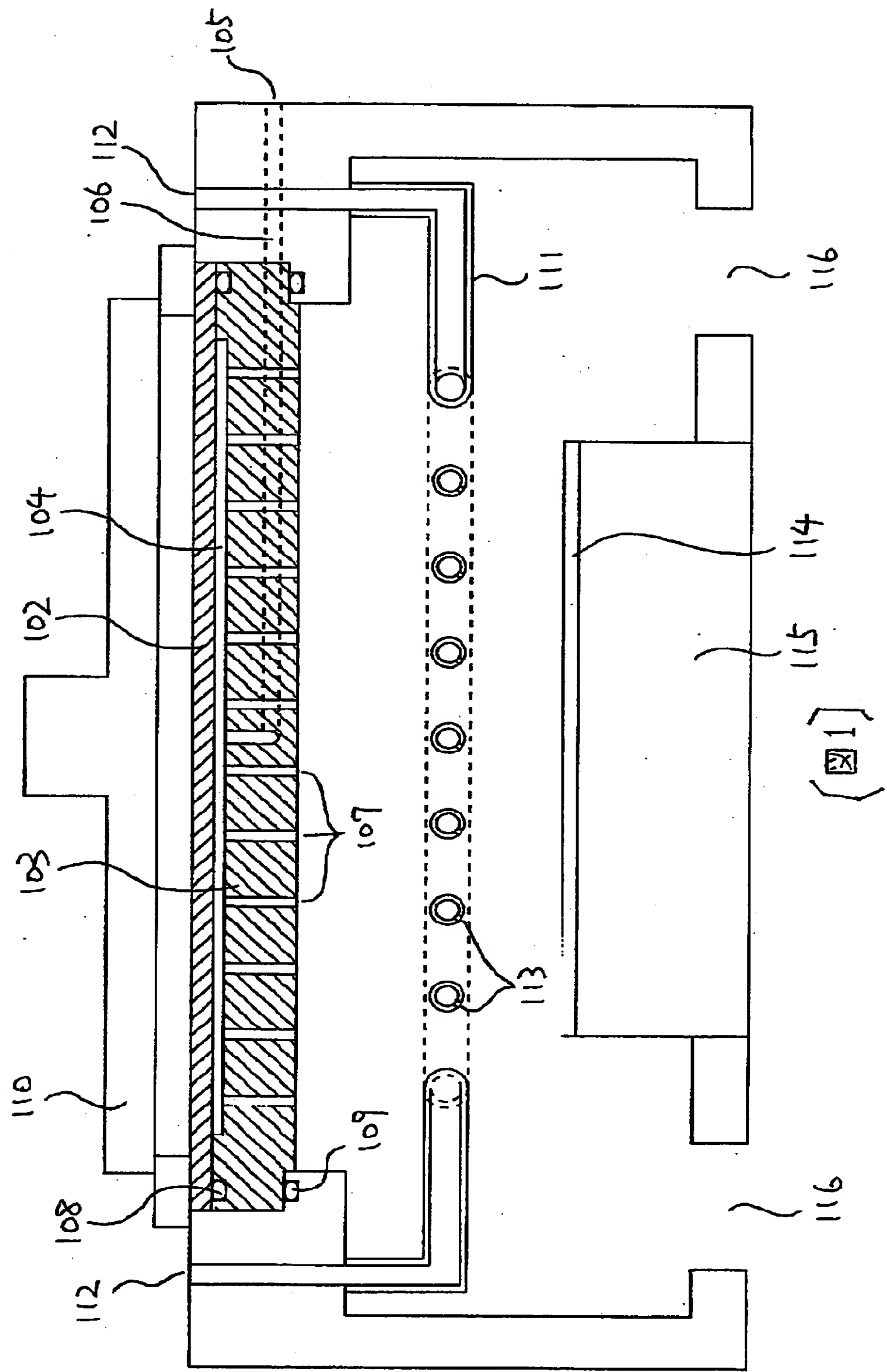
- 1 0 2 誘電体隔壁
- 1 0 3 誘電体シャワープレート
- 1 0 4 ギャップ
- 1 0 5 プラズマ励起用ガス供給口
- 1 0 6 プラズマ励起用ガス導入路
- 1 0 7 プラズマ励起用ガス放出口
- 1 0 8 Oリング
- 1 0 9 Oリング
- 1 1 0 ラジアルラインスロットアンテナ
- 1 1 1 プロセス用ガス放出器
- 1 1 2 プロセス用ガス供給口
- 1 1 3 プロセス用ガス放出口
- 1 1 4 基板
- 1 1 5 ステージ
- 1 1 6 排気口
- 2 0 1 本管
- 2 0 2 枝管
- 2 0 3 プロセス用ガス放出口
- 2 0 4 放出器ガス供給口
- 2 0 5 基板
- 3 0 1 従来のマイクロ波プラズマ装置の構成の場合の結果
- 3 0 2 本発明のマイクロ波プラズマ装置の構成の場合の結果
- 4 0 1 従来のマイクロ波プラズマ装置の構成の場合の結果
- 4 0 2 本発明のマイクロ波プラズマ装置の構成の場合の結果
- 5 0 1 従来のマイクロ波プラズマ装置の構成の場合の結果
- 5 0 2 本発明のマイクロ波プラズマ装置の構成の場合の結果
- 6 0 1 本管
- 6 0 2 枝管
- 6 0 3 プロセス用ガス放出部



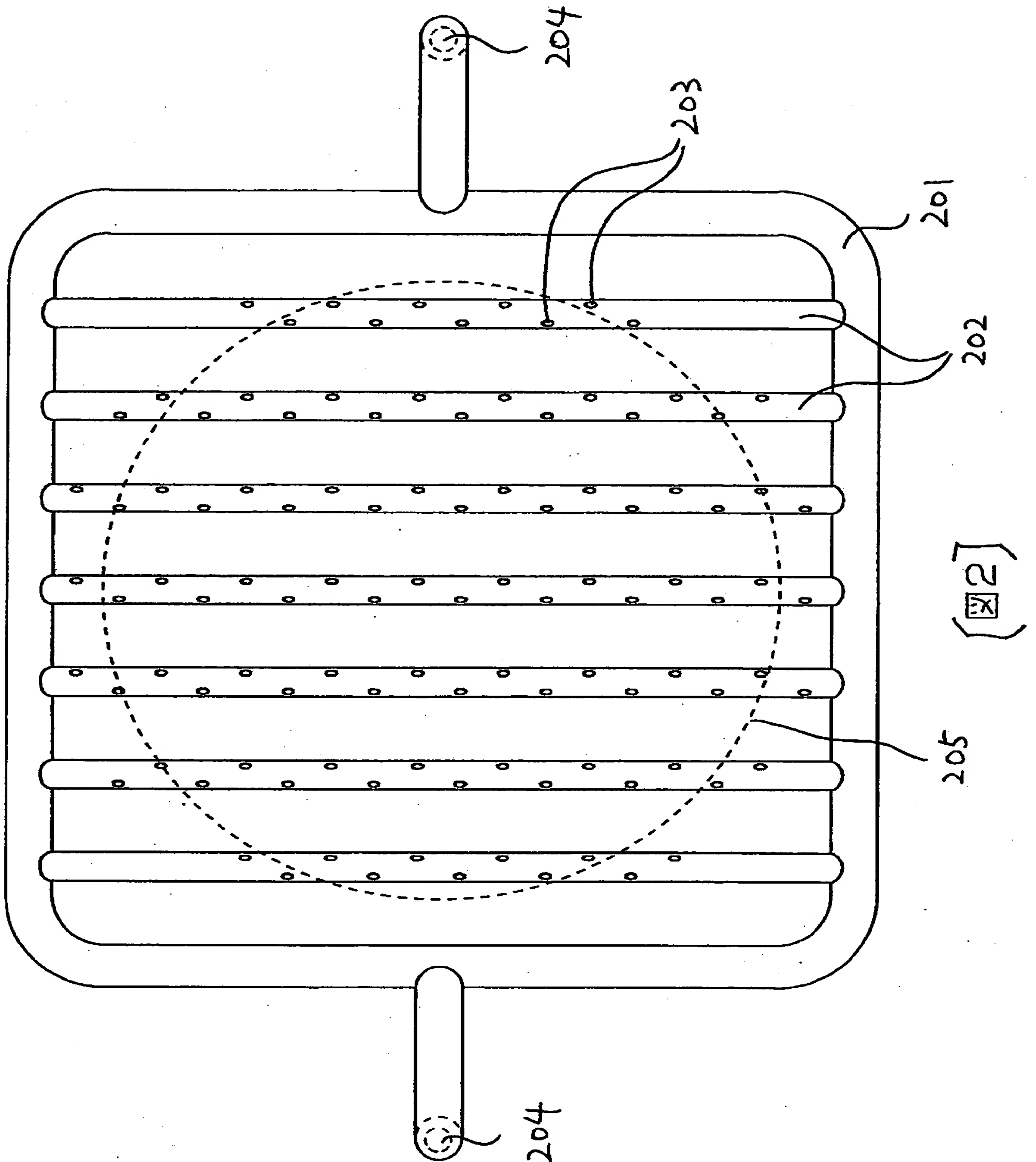
- 6 0 4 放出器ガス供給口
- 6 0 5 基板
- 6 0 6 被膜
- 7 0 1 ガス導入路
- 7 0 2 プロセス用ガス放出口
- 7 0 3 放出器ガス供給口
- 7 0 4 基板
- 7 0 5 ガス放出器本体
- 7 0 6 ガス放出器ふた
- 8 0 1 真空容器
- 8 0 2 誘電体隔壁
- 8 0 3 誘電体シャワープレート
- 8 0 4 ギャップ
- 8 0 5 シャワープレート固定治具
- 8 0 6 プラズマ励起用ガス供給口
- 8 0 7 プラズマ励起用ガス放出口
- 8 0 8 マイクロ波導波路
- 8 0 9 プロセス用ガス放出器
- 8 1 0 プロセス用ガス供給口
- 8 1 1 プロセス用ガス放出口
- 8 1 2 基板
- 8 1 3 ステージ
- 8 1 4 排気口

【書類名】 図面

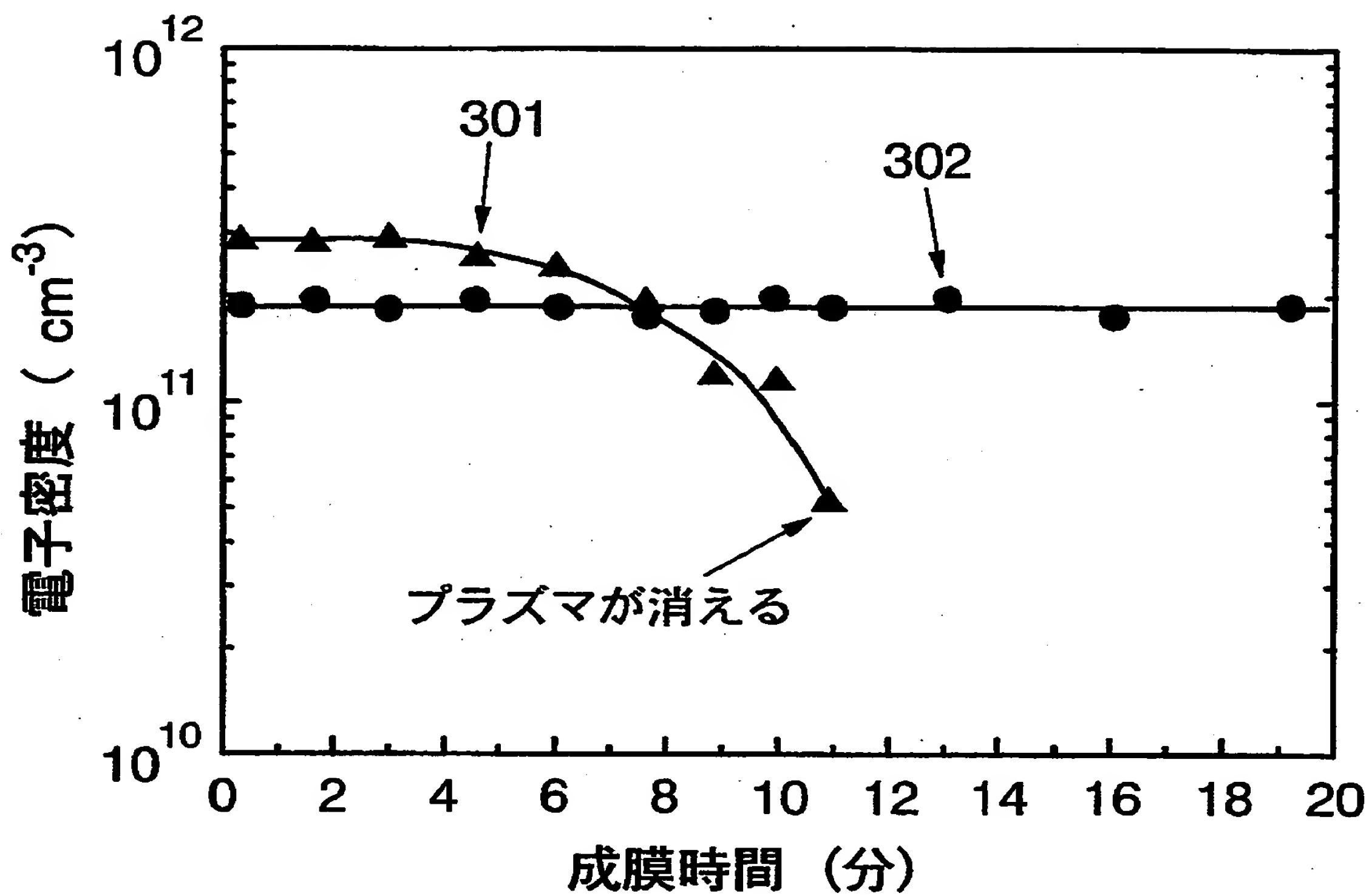
【図 1】



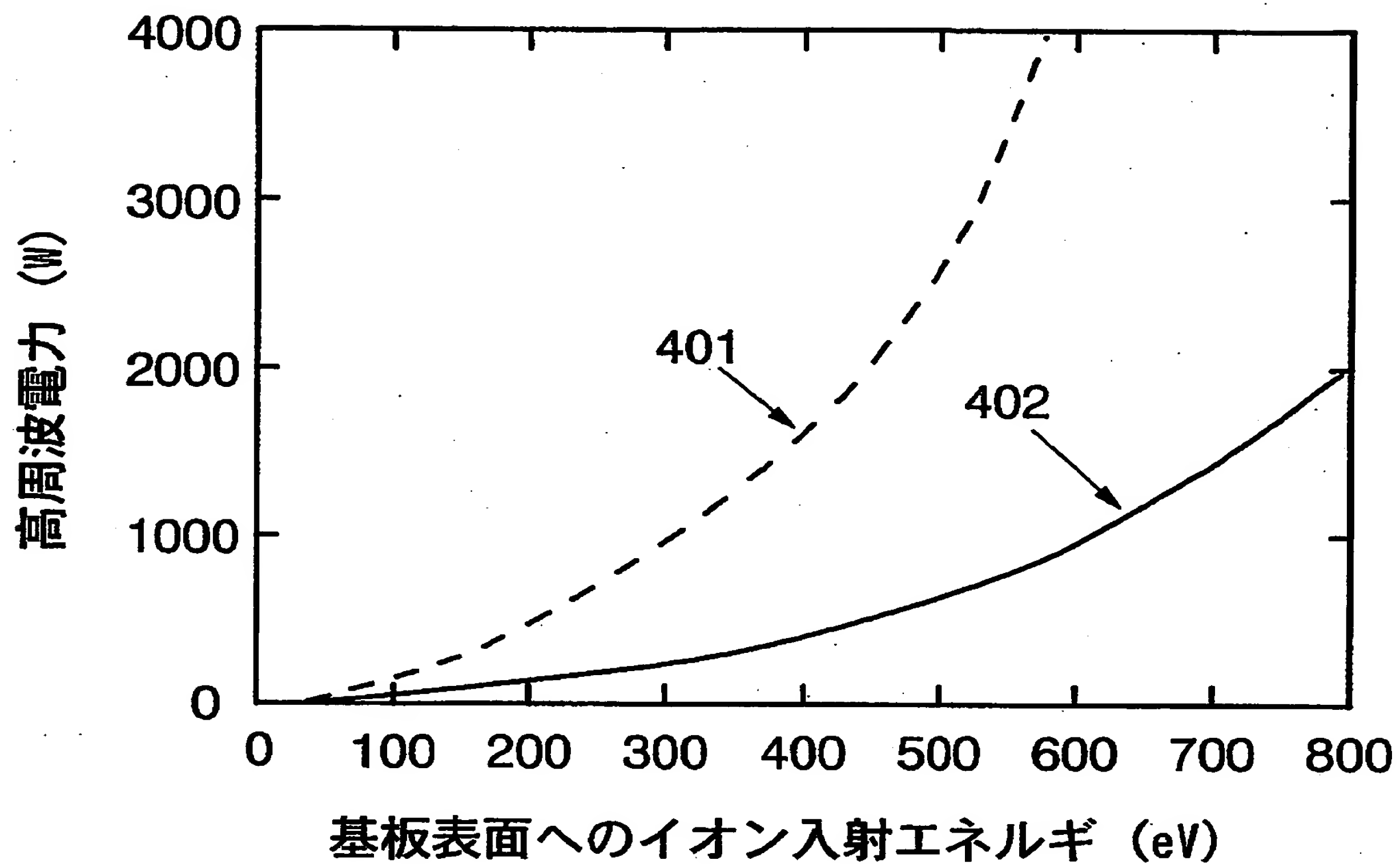
【図 2】



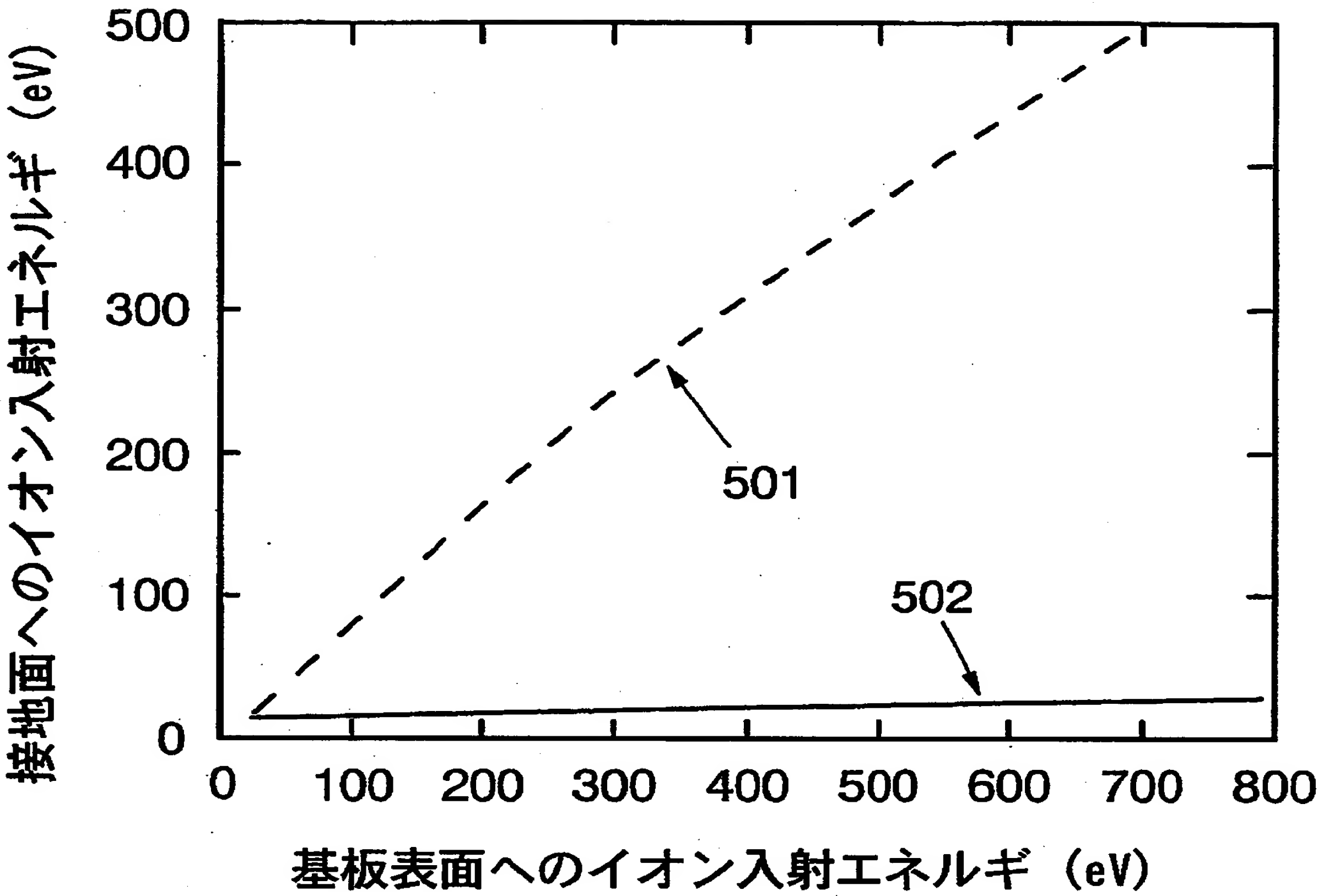
【図 3】



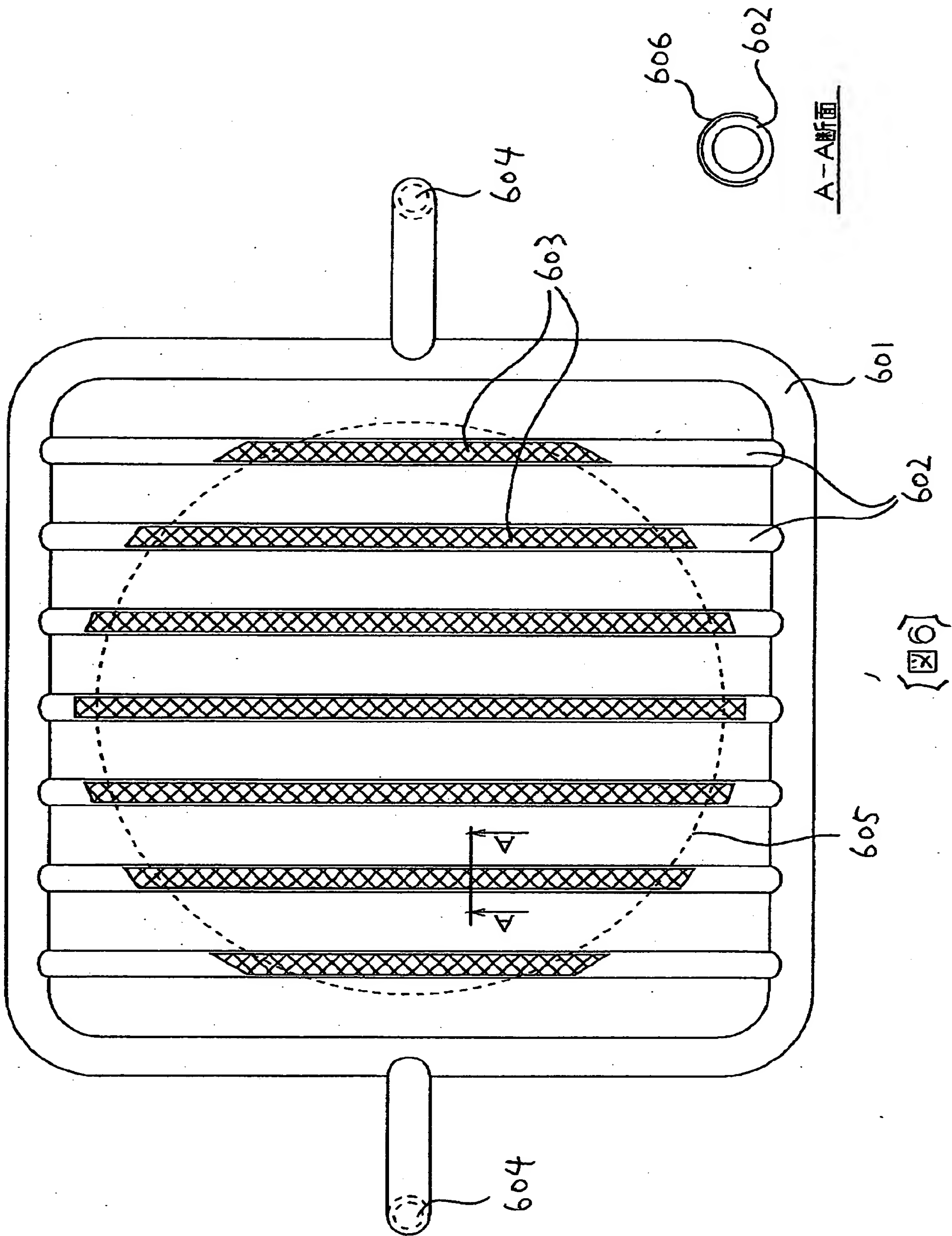
【図 4】



【図 5】

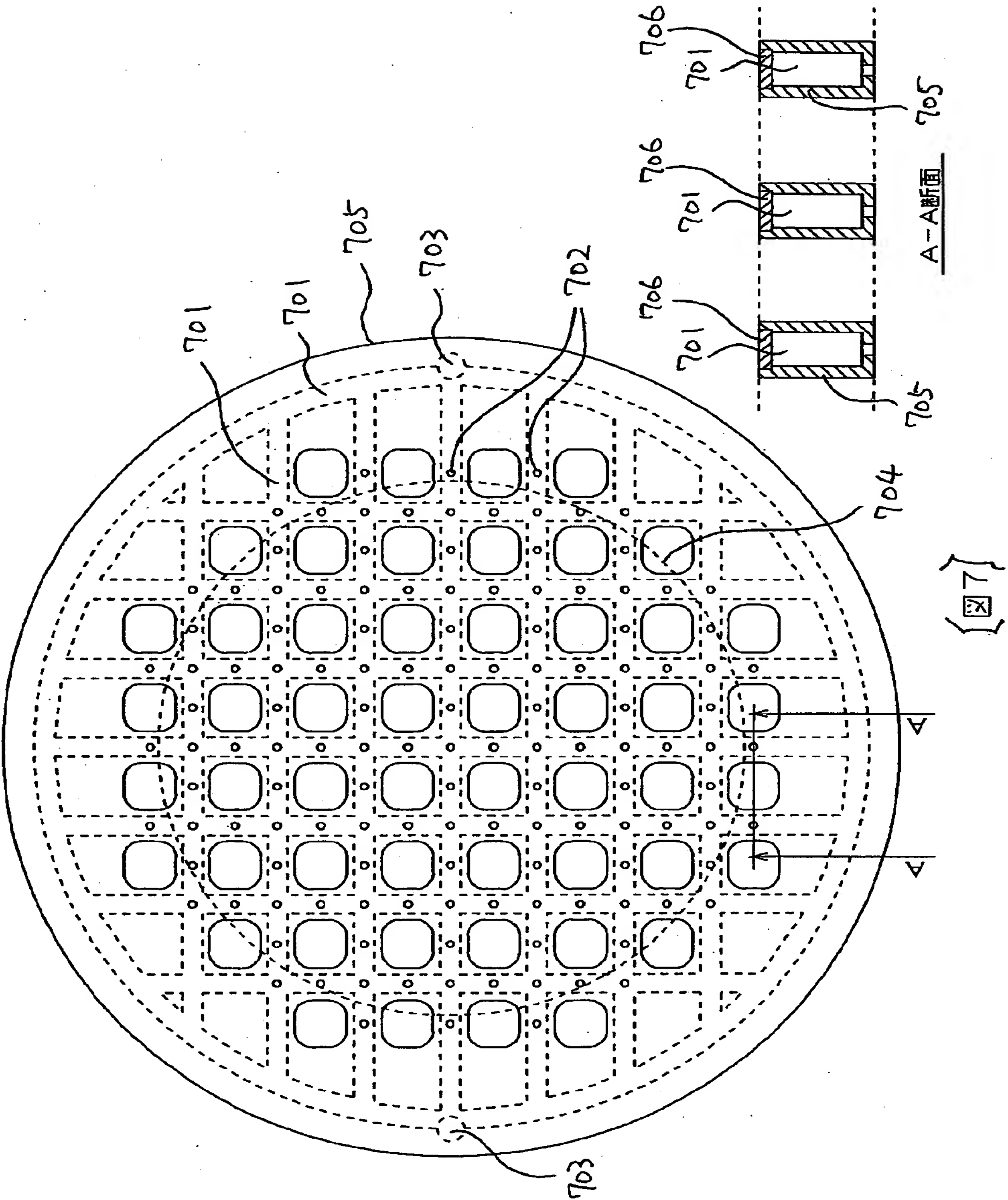


【図 6】

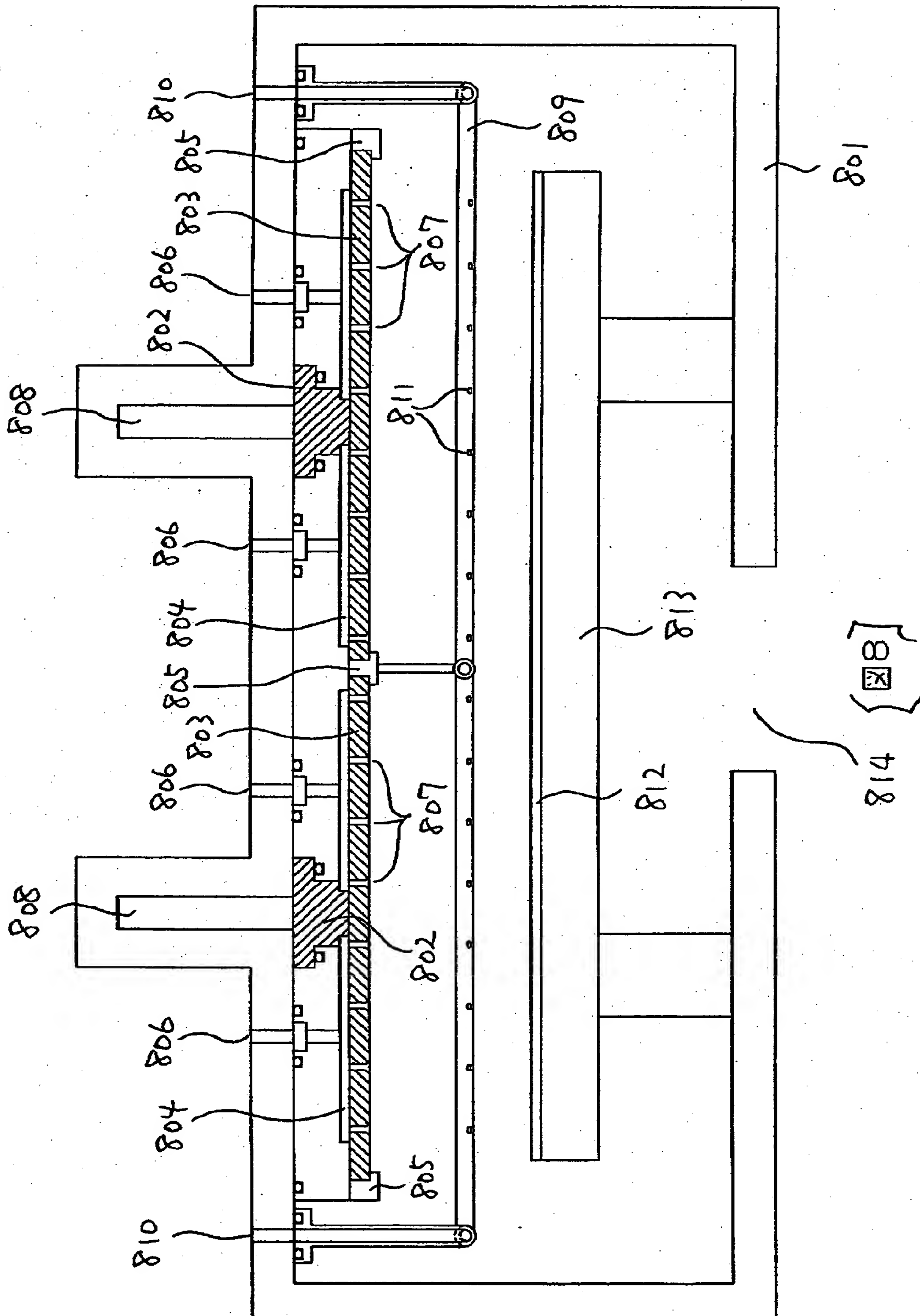




【図 7】



【図 8】



出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000205041]

1. 変更年月日 1990年 8月27日

[変更理由] 新規登録

住 所 宮城県仙台市青葉区米ヶ袋2-1-17-301

氏 名 大見 忠弘

US 096787410HP1



Creation date: 12-23-2003  
Indexing Officer: AAHMED1 - ABDELLA AHMED  
Team: OIPEBackFileIndexing  
Dossier: 09678741

Legal Date: 06-02-2003

No.	Doccode	Number of pages
1	CTNF	11
2	892	1
3	1449	1
4	FOR	50
5	FOR	13

Total number of pages: 76

Remarks:

Order of re-scan issued on .....